

PCT/EP200 4 / . 0 7 9 2 6

REC'D 03 SEP 2004

PCT

PA 1195053

# THE UNITED STATES OF AMERICA

TO ALL TO WHOM THESE PRESENTS SHALL COME:

UNITED STATES DEPARTMENT OF COMMERCE

United States Patent and Trademark Office

July 19, 2004

THIS IS TO CERTIFY THAT ANNEXED HERETO IS A TRUE COPY FROM THE RECORDS OF THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE OF THOSE PAPERS OF THE BELOW IDENTIFIED PATENT APPLICATION THAT MET THE REQUIREMENTS TO BE GRANTED A FILING DATE UNDER 35 USC 111.

APPLICATION NUMBER: 60/548,123

FILING DATE: February 26, 2004

## PRIORITY DOCUMENT

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

By Authority of the  
COMMISSIONER OF PATENTS AND TRADEMARKS



*T. Wallace*  
T. WALLACE  
Certifying Officer

BEST AVAILABLE COPY

PATENT APPLICATION SERIAL NO. \_\_\_\_\_

U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE  
PATENT AND TRADEMARK OFFICE  
FEE RECORD SHEET

03/03/2004 MBIZLINES 00000048 60548123

01 FC:1005

160.00 DP

PTO-1556  
(5/87)

17638 U.S. PTO  
022604

Under the Paperwork Reduction Act of 1995, no persons are required to respond to a collection of information unless it displays a valid OMB control number.  
Approved for use through 07/31/2006. OMB 0351-0032  
U.S. Patent and Trademark Office; U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE

**PROVISIONAL APPLICATION FOR PATENT COVER SHEET**

This is a request for filing a PROVISIONAL APPLICATION FOR PATENT under 37 CFR 1.53 (c).

Express Mail Label No. **EV 432947998 US**

INVENTOR(S)					
Given Name (first and middle (if any))		Family Name or Surname		Residence (City and either State or Foreign Country)	
Markus Married Darran		Degunther Maid Fides		Aalen, Germany Aalen, Germany Oberkochen, Germany	
Additional inventors are being named on the _____ separately numbered sheets attached hereto					
TITLE OF THE INVENTION (800 characters max)					
<b>BELEUCHTUNGSANRICHTUNG FUR EINE MIKROLITHOGRAPHISCHE PROJEKTIONSBELEUCHTUNGSANLAGE</b>					
Direct all correspondence to: <b>CORRESPONDENCE ADDRESS</b>					
<input checked="" type="checkbox"/> Customer Number:		<b>22876</b>			
OR					
<input type="checkbox"/> Firm or Individual Name					
Address					
Address					
City		State		Zip	
Country		Telephone		Fax	
ENCLOSED APPLICATION PARTS (check all that apply)					
<input checked="" type="checkbox"/> Specification Number of Pages <u>38</u>		<input type="checkbox"/> CD(s), Number _____			
<input checked="" type="checkbox"/> Drawing(s) Number of Sheets <u>6</u>		<input checked="" type="checkbox"/> Other (specify) <u>Return Postcard and Certificate of Mailing by Express Mail</u>			
<input type="checkbox"/> Application Data Sheet. See 37 CFR 1.78					
METHOD OF PAYMENT OF FILING FEES FOR THIS PROVISIONAL APPLICATION FOR PATENT					
<input type="checkbox"/> Applicant claims small entity status. See 37 CFR 1.27.				FILING FEE Amount (\$)	
<input checked="" type="checkbox"/> A check or money order is enclosed to cover the filing fees.				<b>160.00</b>	
<input checked="" type="checkbox"/> The Director is hereby authorized to charge filing fees or credit any overpayment to Deposit Account Number: <u>50-0545</u>					
<input type="checkbox"/> Payment by credit card. Form PTO-2038 is attached.					
The invention was made by an agency of the United States Government or under a contract with an agency of the United States Government					
<input checked="" type="checkbox"/> No.					
<input type="checkbox"/> Yes, the name of the U.S. Government agency and the Government contract number are: _____					

2287 U.S. PTO  
60/548123

022604

Respectfully submitted,

SIGNATURE

TYPED or PRINTED NAME Jody L. Factor

TELEPHONE (312) 228-1818

[Page 1 of 1]

Date 2-26-04

REGISTRATION NO. 34157  
(if appropriate)

Docket Number: OST-041105PV

**USE ONLY FOR FILING A PROVISIONAL APPLICATION FOR PATENT**

This collection of information is required by 37 CFR 1.51. The information is required to obtain or retain a benefit by the public which is to file (and by the PTO to process) an application. Confidentiality is governed by 35 U.S.C. 122 and 37 CFR 1.14. This collection is estimated to take 8 hours to complete, including gathering, preparing, and submitting the complete application form to the USPTO. Time will vary depending upon the individual case. Any comments on the amount of time you require to complete this form and/or suggestions for reducing this burden, should be sent to the Chief Information Officer, U.S. Patent and Trademark Office, U.S. Department of Commerce, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450. DO NOT SEND FEES OR COMPLETED FORMS TO THIS ADDRESS. SEND TO: Mail Stop Provisional Application, Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450.

If you need assistance in completing the form, call 1-800-PTO-9199 and select option 2.

**In Re Apln. of:**

**Degunther, et al.**

**Ser. No.:**

**TO BE ASSIGNED**

**Filed on:**

**February 26, 2004**

**For:**

**BELEUCHTUNGSEINRICHTUNG FUR EINE  
MIKROLITHOGRAPHISCHE  
PROJEKTIONSBELEUCHTUNGSANLAGE**

**Docket No.:**

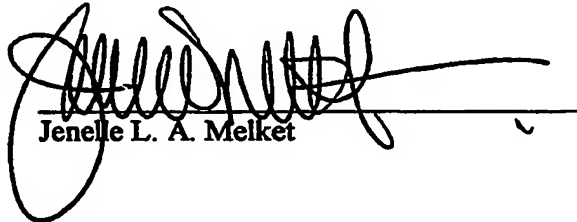
**OST-041105PV**

**CERTIFICATE OF MAILING BY "EXPRESS MAIL"**

**Express Mail Mailing Label No. EV 432947998 US**

**Date of Deposit – February 26, 2004**

**I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service, "Express Mail Post Office to Addressee" service under 37 C.F.R. 1.10 in an envelope addressed to MAIL STOP PROVISIONAL PATENT APPLICATION, Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA, 22313-1450, on the date identified above**

  
Jenele L. A. Melket

**Beleuchtungseinrichtung für eine  
mikrolithographische Projektionsbelichtungsanlage**

=====

Die Erfindung betrifft eine Beleuchtungseinrichtung für eine mikrolithographische Projektionsbelichtungsanlage mit einer Lichtquelle zur Erzeugung eines Projektionslichtbündels, einem ersten Objektiv und mit einer Maskeneinrichtung zur Maskierung eines Retikels, die verstellbare erste Schneiden für eine Maskierung in einer ersten Raumrichtung und verstellbare zweite Schneiden für eine Maskierung in einer zweiten Raumrichtung umfaßt.

Eine derartige Beleuchtungseinrichtung ist aus der  
10 US 6 285 443 A bekannt.

Beleuchtungseinrichtungen mikrolithographischer Projektionsbelichtungsanlagen, wie sie etwa bei der Herstellung hochintegrierter elektrischer Schaltkreise verwendet werden, dienen der Erzeugung eines Projektionslichtbündels, das auf ein Retikel gerichtet wird, welches die zu projizierenden Strukturen enthält. Mit Hilfe eines Projektionsobjektivs werden diese Strukturen auf eine lichtempfindliche Oberfläche verkleinert abgebildet, die z. B.  
15 auf einen Wafer aufgebracht sein kann.

20 Die aus der vorstehend genannten US 6 285 443 A bekannte Beleuchtungseinrichtung umfaßt einen als Lichtquelle dienenden Laser, eine Strahlformungseinrichtung, ein Zoom-

Axikon-Objektiv zur Einstellung unterschiedlicher Beleuchtungsarten sowie einen Stabhomogenisierer, mit dem das von dem Laser erzeugte Projektionslicht gemischt und homogenisiert wird. In Lichtausbreitungsrichtung hinter dem Stabhomogenisierer ist eine Maskeneinrichtung angeordnet, mit der sich die Geometrie des das Retikel durchtretenden Lichtfeldes festlegen läßt. Bei den bekannten Maskeneinrichtungen, wie sie etwa in der US 5 473 410 A beschrieben sind, wird die Ausdehnung des Lichtfeldes auf dem Retikel in einer ersten Raumrichtung durch ein erstes Paar von Schneiden festgelegt, deren Abstand veränderbar ist. Ein zweites Paar von Schneiden, deren Abstand ebenfalls veränderbar ist, legt die Ausdehnung des Lichtfeldes in der dazu senkrechten Raumrichtung fest. Mit Hilfe eines nachfolgenden Maskenobjektivs werden die Schneiden der Maskeneinrichtung auf das zu beleuchtende Retikel abgebildet und erzeugen dort eine randscharfe Begrenzung des Lichtfeldes.

Moderne Projektionsbelichtungsanlagen sind häufig (auch) für einen Scan-Betrieb ausgelegt, bei dem das Retikel derart an einer Lichtaustrittsöffnung der Beleuchtungseinrichtung vorbeigeführt wird, daß ein schmaler Lichtstreifen das Retikel scannerartig überstreicht. Ein derartiger Scan-Betrieb erfordert, daß zu Anfang und zu Beginn eines jeden Scan-Vorgangs jeweils eine der senkrecht zur Scan-Richtung angeordneten Schneiden der Maskeneinrichtung entlang der Scan-Richtung verstellt wird, damit die gesamte auszuleuchtende Fläche des Retikels der glei-

chen Bestrahlung ausgesetzt wird. Unter der Bestrahlung versteht man in der Photometrie die Strahlungsenergie pro Flächeneinheit. Deswegen wird die Bestrahlung gelegentlich auch als Strahlungs-dosis bezeichnet.

- 3 Da bei modernen Projektionsbelichtungsanlagen im Hinblick auf einen hohen Durchsatz große Scan-Geschwindigkeiten auftreten, sind die in Scan-Richtung verstellbaren Schneiden einer hohen dynamischen Belastung ausgesetzt. Die für diese Verstellbarkeit erforderliche Mechanik in
- 10 den Maskeneinrichtungen ist deswegen konstruktiv relativ aufwendig, teuer in der Herstellung und benötigt überdies auch relativ viel Bauraum innerhalb der Beleuchtungseinrichtung. Die Anordnung anderer benachbarter optischer Elemente kann deswegen schwierig werden.
- 15 Bei einem solchen optischen Element kann es sich beispielsweise um eine Abschwächeeinrichtung zur lokal veränderbaren Abschwächung der Lichtintensität handeln, wie sie beispielsweise aus der US 5 895 737 A bekannt ist. Diese bekannte Abschwächeeinrichtung ist in der Feldebene
- 20 der Beleuchtungseinrichtung, in der sich die Maskeneinrichtung befindet, anzuordnen und weist eine Vielzahl kleiner Stäbe auf, die einzeln in das Lichtfeld eingeführt werden können. Durch die Stäbe läßt sich die Lichtintensität während des Scanvorgangs gezielt an die zu
- 25 projizierenden Strukturen auf dem Retikel anpassen.

Die gemeinsame Anordnung einer Maskeneinrichtung mit einer derartigen Abschwächeinrichtung in der Feldebene vor dem Maskenobjektiv bereitet allerdings in der praktischen Umsetzung beträchtliche Schwierigkeiten auf Grund von

5 Bauraumproblemen. Die Mechanik, mit der sich die zahlreichen Stäbe einzeln verfahren lassen, erfordert nämlich einen relativ großen Bauraum.

Andererseits gewinnt die Problematik der Lichthomogenität in der Retikel- und Waferebene zunehmend an Bedeutung.

10 Ein Grund hierfür besteht darin, daß immer häufiger Beleuchtungseinrichtungen eingesetzt werden, bei denen zur Lichtmischung kein Stabhomoenisator, sondern eine Anordnung von Mikrolinsen verwendet wird. Diese leuchten das Retikel tendenziell weniger gleichmäßig aus als Stabhomo-

15 genisatoren. Zusätzlichen Maßnahmen zur Erzielung einer möglichst hohen Lichthomogenität wird deswegen zukünftig eine größere Bedeutung zukommen.

Aufgabe der Erfindung ist es deswegen, eine Beleuchtungseinrichtung der eingangs genannten Art derart zu verbessern, daß die konstruktiven Schwierigkeiten im Bereich

20 der Feldebene vor dem Maskenobjektiv auf Grund von Bauraumproblemen verringert werden.

---

Gelöst wird diese Aufgabe gemäß einem ersten Aspekt der Erfindung bei einer Beleuchtungseinrichtung der eingangs

25 genannten Art dadurch, daß die ersten Schneiden im Bereich einer ersten Feldebene und die zweiten Schneiden im



Bereich einer zweiten Feldebene angeordnet sind, die von der ersten Feldebene verschieden ist.

Diese Aufteilung der für die unterschiedlichen Raumrichtungen vorgesehenen Schneiden auf unterschiedliche Feldebene ermöglicht es, die Maskeneinrichtung räumlich zu entzerren. Die für die Verstellbarkeit der Schneiden erforderliche Mechanik in der Maskeneinrichtung kann deswegen konstruktiv einfacher und damit preisgünstiger ausgeführt werden. Überdies erlaubt es die erfindungsgemäße Aufteilung der Maskeneinrichtung auf zwei Feldebene, zusätzlich in einer Feldebene anzuordnende Einheiten wie etwa die oben erwähnten Abschwächeinrichtung leichter in die Beleuchtungseinrichtung zu integrieren.

Die erste und die zweite Feldebene können unmittelbar, d. h. ohne weitere dazwischen liegende Feldebene, benachbart sein und durch ein einziges Objektiv aufeinander abgebildet werden. Grundsätzlich ist es jedoch auch möglich, daß sich zwischen den beiden Feldebene weitere Feldebene befinden, die durch eine entsprechende Anzahl von zusätzlichen Objektiven aufeinander abgebildet werden.

---

Besonders einfach läßt sich die erfindungsgemäße Beleuchtungseinrichtung realisieren, wenn das erste Objektiv ein in Strahlausbreitungsrichtung vor dem ersten Objektiv angeordnetes erstes optisches Rasterelement auf die erste Feldebene abbildet und die Beleuchtungseinrichtung ferner

ein in Strahlausbreitungsrichtung hinter dem ersten Objektiv angeordnetes zweites Objektiv aufweist, das die erste Feldebene auf die zweite Feldebene abbildet. Bei dem ersten optischen Rasterelement kann es sich z. B. um  
5 ein refraktives Element, etwa in der Art eines Mikrolinsenarrays, ein diffraktives Elementes (Gitter), ein Kinoform oder ein Hologramm handeln. Mit einem solchen an sich bekannten optischen Rasterelement kann die Lichtverteilung des von der Lichtquelle stammenden Projektionslichtbündels z. B. in eine kreis-, ring- oder quadrupol-  
10 förmige Divergenzverteilung umgeformt werden.

Im Prinzip ist es möglich, daß in dem ersten Objektiv mit Hilfe eines geeigneten optischen Rasterelements die Divergenz des Projektionslichtbündels so erhöht wird, daß  
15 bereits dort der maximale Lichtleitwert des gesamten optischen Systems erreicht wird.

Besonders bevorzugt ist es allerdings, wenn in dem ersten Objektiv ein zweites optisches Rasterelement angeordnet ist, das ein hindurchtretendes Projektionslichtbündel  
20 ausschließlich in der ersten Raumrichtung aufweitet, und wenn in dem zweiten Objektiv ein drittes optisches Rasterelement angeordnet ist, das ein hindurchtretendes Projektionslichtbündel ausschließlich in der zweiten Raumrichtung aufweitet, wobei das zweite und das dritte  
25 optische Rasterelement vorzugsweise in der Nähe einer Pupillenebene angeordnet sind. Durch das Vorsehen zweier in unterschiedlichen Raumrichtungen wirkender Rasterelemente

wird der maximale Lichtleitwert des optischen Systems erst hinter dem dritten optischen Rasterelement erzielt. Zwischen dem zweiten optischen Rasterelement und dem dritten optischen Rasterelement ist der Lichtleitwert lediglich in der ersten Raumrichtung vergrößert. Dies erlaubt es, die zwischen dem zweiten optischen Rasterelement und dem dritten optischen Rasterelement angeordneten optischen Elemente einfacher und kostengünstiger aufzubauen, da die Anforderungen an die Komplexität und Genauigkeit optischer Elemente mit steigendem Lichtleitwert zunehmen.

Wenn durch die ersten und die zweiten Schneiden ein im wesentlichen streifenförmiges Lichtfeld auf dem Retikel festlegbar ist, dessen Ausdehnung in der ersten Raumrichtung kürzer als in der zweiten Raumrichtung ist, so fällt die durch das zweite optische Rasterelement eingeführte Erhöhung des Lichtleitwertes kaum ins Gewicht, da in diesem Fall das zweite optische Rasterelement das Projektionslichtbündel nur um einen relativ kleinen Winkelbetrag aufweitet. Für die zwischen dem zweiten und dem dritten optischen Rasterelement liegenden optischen Elemente ist diese geringfügige Erhöhung des Lichtleitwerts in dieser ersten Raumrichtung praktisch vernachlässigbar.

---

Diese Ausgestaltung der Erfindung hat ferner den Vorteil, daß die relativ aufwendige Mechanik für die Verstellung der ersten Schneiden, die das Lichtfeld auf dem Retikel in der ersten Raumrichtung (Scan-Richtung) begrenzen und

die zu Beginn und am Ende eines jeden Scan-Vorgangs präzise und schnell verstellt werden müssen, genügend Platz finden in dem zwischen dem ersten Objektiv und dem zweiten Objektiv verbleibenden Freiraum.

- 5 In der zweiten Feldebene sind dann nur noch die Schneiden anzuordnen, die die Maskierung in der dazu senkrechten Raumrichtung bewirken und die im allgemeinen nicht während eines Scan-Vorgangs verstellt werden müssen. Die hierzu erforderliche Mechanik ist im allgemeinen einfacher aufgebaut als die Mechanik für die Verstellung der  
10 ersten Schneiden, so daß im Bereich der zweiten Feldebene der kleinere Teil der Maskeneinrichtung angeordnet ist.

Diese zweite Feldebene ist deswegen besonders geeignet für die Aufnahme weiterer optischer Baugruppen, die in  
15 einer Feldebene oder in deren Nähe angeordnet werden müssen. Ein Beispiel hierfür ist die oben bereits erwähnte Abschwächeinrichtung.

Besonders bevorzugt ist es ferner, wenn das erste und das zweite Objektiv so ausgelegt sind, daß das Lichtfeld in  
20 der ersten Feldebene kleiner ist als das Lichtfeld in der zweiten Feldebene. Dies kann beispielsweise dadurch erreicht werden, daß das zweite Objektiv einen Abbildungsmaßstab hat, der größer ist als 1. Ein relativ kleines Lichtfeld in der ersten Feldebene hat nämlich den Vorteil, daß die dort angeordneten ersten Schneiden zur Erzielung der gleichen Maskierungswirkung auf dem Retikel  
25

kleinere Verstellwege benötigen, als wenn die ersten  
Schneiden in der zweiten Feldebene angeordnet wären, wo  
das Lichtfeld größer ist. Auch die Abmessungen der ersten  
Schneiden können bei dieser Weiterbildung kleiner gewählt  
5 werden als sonst üblich. Somit kann der gesamte, die er-  
sten Schneiden betreffende Teil der Maskeneinrichtung  
kleiner, kompakter und damit auch kostengünstiger ausge-  
führt werden.

Andererseits gibt es andere optische Baugruppen, z. B.  
10 die bereits erwähnte Abschwächeinrichtung, die möglichst  
in oder nahe einer Feldebene angeordnet sein sollten, in  
der das Lichtfeld vergleichsweise groß ist. Bei einer Ab-  
schwächeinrichtung der genannten Art ist es nämlich kaum  
möglich, die Abmessungen der zahlreichen kleinen Stäbe,  
15 die in das Lichtfeld eingeführt werden können, über das  
bereits erreichte Maß hinaus zu verringern.

Vorteilhaft kann ferner in dem zweiten Objektiv ein Mani-  
pulator zur Manipulation der Pupille angeordnet sein. Bei  
einem solchen Manipulator kann es sich z. B. um ein Grau-  
20 wertfilter handeln, das pupillennah, z. B. benachbart zu  
dem dritten optischen Rasterelement, in dem zweiten Ob-  
jektiv angeordnet werden kann. Mit anderen an sich im  
Stand der Technik bekannten Manipulatoren kann z. B. die  
Telezentrie verändert werden.

25 Bei dem ersten Objektiv handelt es sich vorzugsweise um  
ein Zoom-Axikon-Objektiv mit zwei relativ zueinander ver-

stellbaren Axikon-Linsen. Bevorzugt ist weiter, wenn die beiden Axikon-Linsen in einer Pupillenebene des Zoom-Axikon-Objektivs angeordnet sind. Das zweite optische Rasterelement, das ebenfalls pupillennah positioniert sein sollte, kann dann entweder unmittelbar vor oder hinter den Axikon-Linsen in dem ersten Objektiv angeordnet sein.

Zur Abbildung der zweiten Feldebene auf eine dritte Feldebene, in der das Retikel angeordnet ist, ist vorzugsweise ein drittes Objektiv vorgesehen, wie dies im Stand der Technik an sich bekannt ist.

Gemäß einem anderen Aspekt der Erfindung wird die eingangs gestellte Aufgabe durch eine mikrolithographische Projektionsbelichtungsanlage zum Abbilden von Strukturen auf eine lichtempfindliche Schicht gelöst, die in einem verfahrbar angeordneten Retikel enthalten sind, wobei die Projektionsbelichtungsanlage ferner ein Transmissionsfilter mit lokal variierendem Transmissionsvermögen aufweist, das synchron zu Verfahrenbewegungen des Retikels verfahrbar ist.

Auf diese Weise läßt sich die während eines Scan-Vorgangs auf das Retikel auftreffende Lichtintensität in beliebiger Weise verändern, da jedem Punkt auf dem Transmissionsfilter ein Punkt auf dem Retikel eineindeutig zugeordnet ist. Unter einer solchen eineindeutigen Zuordnung versteht man, daß jedem Punkt auf dem Transmissionsfilter genau ein Punkt auf dem Retikel zugeordnet ist und daß

umgekehrt jedem Punkt auf dem Retikel genau ein Punkt auf dem Transmissionsfilter zugeordnet ist. Da eine derartige eindeutige Zuordnung auch zwischen den Punkten auf dem Retikel und der lichtempfindlichen Schicht besteht, kann  
5 gewährleistet werden, daß ein dem schlitzförmigen Lichtfeld ausgesetzter Bereich auf dem Transmissionsfilter stets auf einen korrespondierenden Bereich auf der lichtempfindlichen Schicht abgebildet wird und auf diese Weise zu einer lokalen Verringerung der Lichtintensität beitragen kann.  
10

Ein derart verfahrbar, angeordnetes Transmissionsfilter hat den Vorteil, daß es nur eine sehr geringe Ausdehnung entlang der optischen Achse besitzt, so daß es ohne größere Schwierigkeiten in der Nähe einer Feldebene angeordnet werden kann, in denen sich auch bewegliche Schneiden einer Maskeneinrichtung befinden. Der zum Verfahren des  
15 Transmissionsfilters erforderliche Verstellmechanismus ist vergleichsweise robust und außerdem außerhalb des optischen Weges platzierbar, was die Integration in bestehende Designs von Beleuchtungseinrichtungen erleichtert.  
20 Wird das Transmissionsfilter exakt in einer Feldebene positioniert, so wird auch die Telezentrie der Beleuchtungseinrichtung nicht verändert.

---

Außerdem sind die Verfahrensbewegungen eines einzigen größeren Transmissionsfilters erheblich einfacher zu realisieren als Verfahrensbewegungen einer Vielzahl beweglicher Stäbe, wie dies bei der aus der US 5 895 737 A bekannten Ab-  
25

schwächeinrichtung der Fall ist. Auch das dort auftretende Problem, daß sich keine Inhomogenitäten der Intensitätsverteilung innerhalb einer Stabbreite korrigieren lassen, besteht bei der erfindungsgemäßen Lösung nicht.

- 5 Bei der bekannten Abschwächeinrichtung besteht ferner die Schwierigkeit, daß bei sehr weit in das Lichtfeld eingeführten Stäben die Zeiten, während derer ein bestimmter Punkt auf dem sich bewegenden Retikel (und damit auf dem Wafer) Projektionslicht ausgesetzt ist, so kurz werden  
10 können, daß sich Pulsquantisierungseffekte bemerkbar machen. Diese hängen damit zusammen, daß die als Lichtquellen verwendeten Laser gepulst betrieben werden. Ist das Zeitfenster für eine Belichtung sehr kurz, so kann es für die Lichtmenge einen beträchtlichen Unterschied machen,  
15 ob z.B. 6 oder nur 5 Lichtimpulse auf den betreffenden Punkt auftreten. Bei dem erfindungsgemäßen Transmissionsfilter können derartige Pulsquantisierungseffekte nicht auftreten.

- Grundsätzlich läßt sich mit einem solchen Transmissionsfilter eine praktisch beliebige Verteilung der Lichtenergie pro Flächeneinheit auf der lichtempfindlichen Schicht erzielen. ~~Vorzugsweise jedoch wird die mit Hilfe des~~  
20 ~~Transmissionsfilters erzielbare lokale Abschwächung so~~ gewählt, daß alle während eines Scan-Vorgangs zu belichtenden Punkte auf der lichtempfindlichen Schicht die  
25 gleiche Lichtenergie pro Flächeneinheit erhalten. Es besteht somit ein einfacher additiver Zusammenhang zwischen



der Transmissionsfunktion des Filters, die das Transmissionsvermögen in Abhängigkeit von dem Ort auf der Filterfläche beschreibt, einerseits und der notwendigen Intensitätskorrektur an den entsprechenden Punkten auf der lichtempfindlichen Schicht andererseits.

Als Ort für die Anbringung des verfahrbaren Transmissionsfilters ist insbesondere eine Feldebene in einer Beleuchtungseinrichtung geeignet, die zu der Bildebene, in der das Retikel angeordnet ist, konjugiert ist. In vielen Fällen kann es jedoch auch ausreichen, das Transmissionsfilter lediglich in der Nähe einer solchen Feldebene anzuordnen.

Um den Transmissionsverlauf des Transmissionsfilters zu bestimmen, d. h. die Abhängigkeit des Transmissionsvermögens vom Ort auf der Fläche des Transmissionsfilters, kann ein Verfahren mit den folgenden Schritten durchgeführt werden:

a) Anordnen eines lichtempfindlichen Elements in der Bildebene;

~~20 b) Projektion eines Retikels auf das lichtempfindliche~~  
Element unter den Bedingungen, unter denen mikrostrukturierte Bauelemente unter Verwendung des Retikels hergestellt werden sollen, in einem Scanvorgang, wobei das lichtempfindliche Element synchron mit dem Retikel verfahren wird;

- c) Ortsaufgelöstes Bestimmen der auf dem lichtempfindlichen Element pro Flächeneinheit auftreffenden Lichtenergie;
- 3 d) Ermitteln des kleinsten Wertes der Lichtenergie, der für einen zu belichtenden Punkt auf der lichtempfindlichen Element in Schritt b) bestimmt wurde;
- 10 e) Bereitstellen einer Vorrichtung für ein Transmissionsfilter mit lokal variierendem Transmissionsvermögen, mit der das Transmissionsfilter synchron zu Verfahrenbewegungen des Retikels verfahren werden kann;
- 15 f) Bestimmen der lokalen Verteilung des Transmissionsvermögens des Transmissionsfilters derart, daß bei einer erneuten Projektion, während der das Transmissionsfilter synchron zu dem Retikel verfahren wird, an allen zu belichtenden Punkten auf einer in der Bildebene angeordneten lichtempfindlichen Schicht der in Schritt c) bestimmte kleinste Wert für die pro Flächeneinheit auftreffende Lichtenergie zumindest annähernd erzielt wird.
- 20

---

Auf diese Weise läßt sich mit einfachen Mitteln für jedes beliebige Retikel der Transmissionsverlauf eines speziell daran angepaßten Transmissionsfilters bestimmen.

Weitere Vorteile und Merkmale der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispiels anhand der Zeichnung. Darin zeigen:

- 5      Figur 1    einen Meridionalschnitt einer erfindungsgemäßen Beleuchtungseinrichtung in stark schematisierter und nicht maßstäblicher Darstellung;
- Figur 2    die Geometrie eines Lichtfeldes, das von der in der Figur 1 gezeigten Beleuchtungseinrichtung erzeugt werden kann;
- 10    Figur 3    eine Draufsicht auf das zweite optische Rasterelement der in der Figur 1 gezeigten Beleuchtungseinrichtung;
- Figur 4    einen Schnitt durch das in der Figur 3 gezeigte zweite optische Rasterelement entlang der Linie IV-IV;
- 15      Figur 5    eine Draufsicht auf das dritte optische Rasterelement der in der Figur 1 gezeigten Beleuchtungseinrichtung;
- 
- 20      Figur 6    einen Schnitt durch das in der Figur 5 gezeigte dritte optische Rasterelement entlang der Linie VI-VI;

Figur 7 eine mikrolithographische Projektionsbelichtungsanlage in einem stark vereinfachten Meridionalschnitt gemäß einem anderen Aspekt der Erfindung;

5    Figur 8 eine der Figur 1 entsprechende Detailldarstellung der in der Figur 7 gezeigten Beleuchtungseinrichtung;

10    Figur 9 eine Draufsicht auf eine Filterebene, eine Retikelebene und eine Waferebene der in der Figur 1 gezeigten Projektionsbelichtungsanlage, wobei sich in der Filterebene kein Transmissionsfilter befindet;

15    Figur 10 eine der Figur 9 entsprechende Darstellung, jedoch mit einem Transmissionsfilter in die Filterebene.

In Figur 1 ist eine insgesamt mit 10 bezeichnete Beleuchtungseinrichtung in einem Meridionalschnitt stark vereinfacht und nicht maßstäblich dargestellt. Die Beleuchtungseinrichtung 10 ist für eine Projektionsbelichtungsanlage vorgesehen, die eine Belichtung lichtempfindlicher Oberflächen im Scan-Betrieb ermöglicht. Grundsätzlich jedoch kann die Beleuchtungseinrichtung 10 auch in lediglich schrittweise arbeitenden Projektionsbelichtungsanlagen eingesetzt werden.

Die Beleuchtungseinrichtung 10 weist eine als Excimer-Laser ausgeführte Lichtquelle 12 auf, die Projektionslicht mit einer Wellenlänge im ultravioletten Spektralbereich, z. B. 193 nm oder 157 nm, erzeugt. In einem Strahl-  
5 laufweiter 14, bei dem es sich z. B. um eine verstellbare Spiegelanordnung handeln kann, wird das von der Lichtquelle 12 erzeugte Projektionslicht zu einem rechteckigen und weitgehend parallelen Strahlenbündel aufgeweitet. Das nunmehr aufgeweitete Projektionslicht durchtritt an-  
10 schließend ein erstes optisches Rasterelement 16, bei dem es sich z. B. um ein diffraktives optisches Element mit einer zweidimensionalen Rasterstruktur handeln kann. Weitere Arten geeigneter optischer Rasterelemente sind z.B. in der eingangs bereits erwähnten US 6 285 443 A be-  
15 schrieben, deren Offenbarungsgehalt hiermit vollumfänglich einbezogen wird. Mit diesem ersten optischen Rasterelement 16 kann die Divergenzverteilung von der Lichtquelle 12 stammenden Projektionslichts z. B. in eine kreis-, ring- oder quadrupolförmige Divergenzverteilung  
20 umgeformt werden.

Das erste optische Rasterelement 16 ist in einer Objekt-ebene 18 eines Zoom-Axikon-Objektivs 20 angeordnet, mit dem sich die Beleuchtungswinkelverteilung verändern läßt.

---

Hierzu weist das Zoom-Axikon-Objektiv 20 zwei relativ zu-  
25 einander verschiebbar angeordnete Axikon-Linsen 22, 24 auf, die in einer Pupillenebene 26 des Zoom-Axikon-Objektivs 20 angeordnet sind.

Unmittelbar vor den beiden Axikon-Linsen 22, 24, d. h. in der Nähe der Pupillenebene 26, ist ein zweites optisches Rasterelement 28 angeordnet, durch welches ein hindurchtretendes Projektionslichtbündel lediglich in der X-Richtung aufgeweitet wird. Die X-Richtung ist die Scan-Richtung, in der ein mit 30 bezeichnetes Retikel während des Scan-Betriebs an der Beleuchtungseinrichtung 10 vorbeigeführt wird. Da das auf dem Retikel 30 abgebildete Lichtfeld, das in der Figur 2 gezeigt und mit 32 bezeichnet ist, in der Scan-Richtung (X-Richtung) nur eine relativ geringe Ausdehnung hat, braucht auch das zweite optische Rasterelement 28 das hindurchtretende Projektionslichtbündel nur relativ geringfügig in der X-Richtung aufzuweiten. Das zweite optische Rasterelement 28 vergrößert den Lichtleitwert deswegen nicht nur lediglich in einer Raumrichtung, sondern in dieser auch zusätzlich nur um einen vergleichsweise kleinen Betrag.

Durch eine Linse oder Linsengruppe 34, die in dem Zoom-Axikon-Objektiv 20 ausgangsseitig angeordnet ist, wird das erste optische Rasterelement 16 auf eine erste Feld-ebene 36 abgebildet, in der eine insgesamt mit 38 angeordnete erste Maskeneinrichtung angeordnet ist. Die erste Maskeneinrichtung 38 enthält zwei sich entlang der X-

---

Richtung erstreckende Schneiden, die in X-Richtung motorisch verstellbar sind. Von diesen beiden Schneiden ist in dem Meridionalschnitt der Figur 1 lediglich eine jenseits der Papierebene liegende Schneide 40 erkennbar. Zu Beginn und am Ende eines jeden Scan-Vorgangs wird jeweils

eine dieser beiden Schneiden in X-Richtung motorisch ver-  
stellt, um sicherzustellen, daß das Retikel 30 gleichmä-  
ßig der gewünschten Bestrahlung ausgesetzt wird.

Die erste optische Maskeneinrichtung 38 muß nicht unbe-  
dingt exakt in der ersten Feldebene 36 angeordnet sein,  
sondern kann auch um einige Millimeter bis maximal etwa 2  
cm entlang der mit 41 bezeichneten optischen Achse ver-  
setzt zu der Feldebene 36 angeordnet sein, da eine un-  
scharfe Abbildung der ersten Schneiden 40 beim Scan-  
Betrieb durch den dabei erzielten Integrationseffekt in  
der Scan-Richtung nicht ins Gewicht fällt.

In Strahlausbreitungsrichtung hinter der ersten Feldebene  
36 ist ein zweites Objektiv 42 angeordnet, das mit Hilfe  
mehrerer darin enthaltener nicht näher bezeichneter opti-  
scher Elemente die erste Feldebene 36 auf eine zweite  
Feldebene 44 abbildet. In einer Pupillenebene 46 inner-  
halb des zweiten Objektivs 42 ist ein drittes optisches  
Rasterelement 48 angeordnet, welches eine Aufweitung des  
Projektionslichtbündels in der Y-Richtung, d. h. senk-  
recht zur Scan-Richtung, bewirkt. Da, wie die Figur 2  
zeigt, die Ausdehnung des Lichtfeldes auf den Retikel 30  
in dieser Y-Richtung groß ist, geht mit dieser Aufweitung  
des Projektionslichtbündels auch eine relativ starke Er-  
höhung des Lichtleitwerts einher. Da nach dem dritten op-  
tischen Rasterelement 48 keine die Divergenz des Projek-  
tionslichtbündels beeinflussenden optischen Elemente in  
der Beleuchtungseinrichtung 10 angeordnet sind, wird  
unmittelbar hinter dem dritten optischen Rasterelement 48

mittelbar hinter dem dritten optischen Rasterelement 48 der maximale Lichtleitwert der Beleuchtungseinrichtung 10 erreicht.

- Unmittelbar vor dem dritten optischen Rasterelement 48
- 5 ist innerhalb des zweiten Objektivs 42 noch ein Manipulator 50 angeordnet, mit dem sich die Pupille gezielt beeinflussen läßt. Dabei kann es sich beispielsweise um einen Grauwertfilter handeln, der lokal über der Pupille variierende Grauwerte hat.
- 10 In der zweiten Feldebene 44 ist eine insgesamt mit 52 bezeichnete zweite Maskeneinrichtung angeordnet, mit der sich das Lichtfeld in der Y-Richtung maskieren läßt. Die zweite Maskeneinrichtung 52 weist zu diesem Zweck zwei
- 15 Schneiden 54, 56 auf, die in Y-Richtung verstellbar sind. Da die Schneiden 54, 56 exakt in der Feldebene 44 angeordnet sind, werden diese durch ein nachfolgendes drittes
- 20 Objektiv 58, das häufig auch als REMA-Objektiv (REMA = REticel MAsking) bezeichnet wird, randscharf auf dem Retikel 30 abgebildet. Diese Abbildung wird mit Hilfe eines dritten Objektivs 58 erzielt, in dessen Objektebene sich die zweite Feldebene 44 und in dessen Bildebene sich das
- 
- Retikel 30 befindet. Die zweite Maskeneinrichtung 52
- sollte möglichst exakt in der Feldebene 44 angeordnet oder zumindest um nicht mehr als 1 mm dazu in Richtung
- 25 der optischen Achse 41 versetzt sein.



In der zweiten Feldebene 44 ist ferner eine Abschwächeinrichtung 60 zur lokal veränderbaren Abschwächung der Lichtintensität angeordnet, wie sie z. B. aus der oben erwähnten US 5 473 410 A bekannt ist. Eine solche Abschwächeinrichtung 60 kann auch geringfügig von der zweiten Feldebene 44 beabstandet sein, da die in der Abschwächeinrichtung 60 enthaltenen Abschwächeelemente, z. B. in das Lichtfeld einführbare Stäbe, nicht scharf auf dem Retikel 30 abgebildet zu werden brauchen. In Betracht kommt jedoch auch, anstelle dieser bekannten Abschwächeinrichtung die weiter unten mit Bezug auf die Figuren 7 bis 10 erläuterte Abschwächungseinrichtung einzusetzen.

Die Figuren 3 und 4 zeigen das zweite optische Rasterelement 28 in einer Draufsicht bzw. in einem Schnitt entlang der Linie IV-IV. Das zweite optische Rasterelement 28 ist in diesem Ausführungsbeispiel als refraktives Element ausgeführt, das einen Träger 62 sowie eine Vielzahl parallel darauf angeordneter Zylinderlinsen 64 umfaßt, die im eingebauten Zustand in Y-Richtung verlaufen. Da die Zylinderlinsen 64 nur relativ schwach gekrümmt sind, wird das hindurchtretende Projektionslicht in der X-Richtung nur vergleichsweise schwach aufgeweitet.

---

Die Figuren 5 und 6 zeigen das dritte optische Rasterelement 48 in einer Draufsicht bzw. in einem Schnitt entlang der Linie VI-VI. Das dritte optische Rasterelement 48 ist ähnlich aufgebaut wie das zweite optische Rasterelement 28. Das dritte optische Rasterelement 48 umfaßt ebenfalls

eine Vielzahl von auf einen Träger 66 aufgebrachten Zylinderlinsen 68. Diese weisen allerdings eine stärkere Krümmung als die Zylinderlinsen 64 des zweiten optischen Rasterelements 28 auf, so daß hindurchtretendes Projektionslicht stärker aufgeweitet wird. Außerdem wird das dritte optische Rasterelement 48 so in die Beleuchtungseinrichtung 10 eingebaut, daß die Längsrichtung der Zylinderlinsen 68 um  $90^\circ$  verdreht bezüglich der Längsrichtung der Zylinderlinsen 64 des zweiten optischen Rasterelements 28 angeordnet sind. Die beiden optischen Rasterelemente 28 und 48 unterscheiden sich somit nicht nur durch den Grad der Aufweitung, sondern auch durch die Richtung, in der das hindurchtretende Projektionslichtbündel aufgeweitet wird.

- 15 Eine weitere Möglichkeit, die Bauraumprobleme im Bereich der Feldebene vor dem Maskenobjektiv zu lösen, wird im folgenden anhand der Figuren 7 bis 10 beschrieben.

In der Figur 7 ist in einem stark vereinfachten und nicht maßstäblichen Meridionalschnitt eine mikrolithographische Projektionsbelichtungsanlage gezeigt und insgesamt mit 100 bezeichnet. Die Projektionsbelichtungsanlage 100 weist eine Beleuchtungseinrichtung 110 auf, die unten mit ~~Bezug auf die Figur 8 näher erläutert werden wird.~~ Die Projektionsbelichtungsanlage 100 umfaßt ferner ein Projektionsobjektiv 112, in dessen Objektebene 116 das Retikel 30 verfahrbar angeordnet ist. Zu diesem Zweck ist eine erste Vorrichtung 118 vorgesehen, mit der das

Retikel 30 während eines Scan-Vorgangs in einer mit einem Pfeil 120 angedeuteten Richtung hochgenau verfahren werden kann. Derartige, auch als "stages" bezeichnete Verfahrenseinrichtungen sind im Stand der Technik hinlänglich bekannt, so daß auf deren konstruktive Einzelheiten nicht näher eingegangen zu werden braucht.

In einer Bildebene 122 des Projektionsobjektivs 112 befindet sich eine lichtempfindliche Schicht 124, bei der es sich zum Beispiel um einen Fotolack handeln kann. Das Projektionsobjektiv 112 hat bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel einen positiven Abbildungsmaßstab von 4:1, so daß während eines Scan-Vorgangs der jeweils ausgeleuchtete Bereich auf dem Retikel 30 aufrecht, aber um einen Faktor 4 verkleinert auf der lichtempfindlichen Schicht 124 abgebildet wird. Die lichtempfindliche Schicht 124 ist auf einem geeigneten Träger 126, z. B. einem Silizium-Wafer, aufgebracht. Der Träger 126 ist mit Hilfe einer zweiten Verfahrenseinrichtung 128 in der Bildebene 122 verfahrbar, die ähnlich wie die erste Verfahrenseinrichtung 118 aufgebaut sein kann.

Zur Steuerung der ersten Verfahrenseinrichtung 118 und der zweiten Verfahrenseinrichtung 128 weist die Projektionsbeleuchtungsanlage 100 eine Steuereinrichtung 130 auf, die dafür sorgt, daß die lichtempfindliche Schicht 124 während eines Scan-Vorgangs mit dem Retikel 30 mitgeführt wird. Der Träger 126 wird dabei während eines Scan-Vorgangs mit Hilfe der zweiten Verfahrenseinrichtung 128

synchron und in der gleichen, mit einem Pfeil 127 ange-  
deuteten Richtung wie das Retikel 30 verfahren. Die Ver-  
fahrgeschwindigkeit ist dabei um den Verkleinerungsmaß-  
stab des Projektionsobjektivs 112 verringert. Dadurch ist  
5 sichergestellt, daß jedem Punkt auf dem Retikel auch ein  
Punkt auf der lichtempfindlichen Oberfläche 124 ent-  
spricht.

Im folgenden wird die Beleuchtungseinrichtung 110 der  
Projektionsbelichtungsanlage 100 anhand der Figur 8 näher  
10 erläutert.

Die Beleuchtungseinrichtung 110 entspricht weitgehend der  
in der Figur 1 gezeigten Beleuchtungseinrichtung 10. Der  
einzige Unterschied besteht darin, daß in der Nähe der  
Feldebene 44 eine Abschwächeeinrichtung 160 angeordnet  
15 ist, die sich von der oben beschriebenen Abschwächeein-  
richtung 60 gemäß der US 5 895 737 A unterscheidet.

Die Abschwächeeinrichtung 160 umfaßt ein Transmissionsfil-  
ter 162 mit lokal variierendem Transmissionsvermögen so-  
wie eine dritte Vorfahreinrichtung 164. Mit letzterer  
20 läßt sich das Transmissionsfilter 162 während eines Scan-  
~~Vorgangs in einer Filterebene 163 synchron zu den Ver-~~  
fahrbewegungen des Retikels 30 und damit auch zu den Ver-  
fahrbewegungen des Trägers 126 verfahren. Zu diesem Zweck  
ist die dritte Vorfahreinrichtung 164 über eine Steuer-  
25 leitung 167 mit der Steuereinrichtung 130 verbunden, die  
die Verfahrbewegungen der ersten, der zweiten und der

dritten Verfahreineinrichtung 118, 128 bzw. 164 synchronisiert. Die dritte Verfahreineinrichtung 164 kann dabei im Prinzip genauso aufgebaut sein wie die erste und die zweite Verfahreineinrichtung 118 bzw. 128.

- 5 Das Transmissionsvermögen des Transmissionsfilters 162 variiert derart, daß dann, wenn das Transmissionsfilter 162 mit Hilfe der dritten Verfahreineinrichtung 164 synchron zu dem Retikel 30 in der zumindest feldnahen Filterebene 163 verfahren wird, jeder zu belichtende Punkt auf der  
10 lichtempfindlichen Schicht 124 zumindest annähernd der gleichen Bestrahlung, d.h. Lichtenergie pro Flächeneinheit, ausgesetzt ist.

Wie ein solcher Transmissionsverlauf bestimmt werden kann, wird im folgenden anhand der Figuren 9 und 10 näher  
15 erläutert.

In der Figur 9 ist oben durch eine gestrichelte Linie die Filterebene 163 angedeutet, in der das Transmissionsfilter 162 verfahren werden kann. Das rechts in der Filterebene 164 dargestellte aufrechte Rechteck 165 soll ein  
20 schlitzförmiges Lichtfeld andeuten, das durch die beiden Maskeneinrichtungen 38 und 52 erzeugt wird.

---

Unterhalb der Filterebene 164 ist durch eine Linse ein optisches System 166 angedeutet, das die Filterebene 164 auf die Feldebene 116 abbildet, in der das Retikel 30  
25 verfahren wird. Bei dem hier dargestellten Ausführungs-

beispiel handelt es sich bei dem optischen System 166 um das in der Figur 8 gezeigte REMA-Objektiv 58. Der Einfachheit halber ist hier angenommen, daß das REMA-Objektiv 58 einen Abbildungsmaßstab von 1:4 hat, wodurch die Filterebene 164 vierfach vergrößert auf das Retikel 30 abgebildet wird. Bei dem optischen System 166 kann es sich jedoch auch um anders geartete Objektive oder Teilobjektive handeln; maßgeblich ist lediglich, daß durch das optische System 166 eine Feldebene bereitgestellt wird, die zu der Objektebene 116, in der das Retikel 30 verfahren werden kann, konjugiert ist und in der oder in deren Nähe das Transmissionsfilter 162 verfahren werden kann.

Unterhalb des Retikels 30, auf welches das Abbild 165' des schlitzförmigen Lichtfelds 165 geworfen wird, ist mit einer weiteren Linse das Projektionsobjektiv 112 angedeutet. Bei dem hier dargestellten Ausführungsbeispiel hat das Projektionsobjektiv 112 einen Abbildungsmaßstab von 4:1, so daß das Retikel 30 um den Faktor 4 verkleinert auf der darunter dargestellten lichtempfindlichen Schicht 124 abgebildet wird.

---

Um nun den lokal variierenden Transmissionsverlauf des Transmissionsfilters 162 zu bestimmen, wird zunächst ein normaler Belichtungsvorgang mit dem Retikel 30 durchgeführt, wobei sich allerdings in der Filterebene 164 kein Transmissionsfilter 162 befindet. Diese Konstellation ist in der Figur 9 dargestellt.

Der Einfachheit halber ist hier angenommen, daß das Reti-  
kel 30 nur drei unterschiedliche Arten von regelmäßig an-  
geordneten Strukturen trägt, wie dies in den Figuren 9  
und 10 durch unterschiedliche Muster in sechs rechtecki-  
5 gen Bereichen A11, A12, A13 und A21, A22, A23 angedeutet  
ist. Die Abbildung des Retikels 30 durch das Projektions-  
objektiv 112 auf die lichtempfindliche Schicht 124 soll  
nun dazu führen, daß die sich während des durch Pfeile  
120, 127 angedeuteten Scan-Vorgangs über die Zeit aufsum-  
10 mierende Lichtenergie pro Flächeneinheit (Bestrahlung)  
nicht an allen zu belichtenden Punkten gleich ist.

Bei der unten in der Figur 9 gezeigten lichtempfindlichen  
Schicht 124 ist dies dadurch angedeutet, daß die Bereiche  
A'11, A'12, A'13 und A'21, A'22, A'23 auf der lichtemp-  
15 findlichen Schicht 124, die den unterschiedlich struktu-  
rierten Bereichen A11, A12, A13 und A21, A22, A23 auf dem  
Retikel 30 entsprechen, unterschiedlich dicht gepunktet  
sind. Je weniger dicht die Bereiche gepunktet sind, desto  
geringer ist die dort auf einen zu belichtenden Punkt ge-  
20 fallene Lichtenergie.

Da die lichtempfindliche Schicht 124 eine relativ scharfe  
~~Belichtungsschwelle hat, führen derartige Schwankungen~~  
der pro Flächeneinheit auftreffenden Lichtenergie zu un-  
erwünschten Breitenschwankungen der abzubildenden Struk-  
25 turen. Um derartige Schwankungen der Strukturbreiten zu  
vermeiden, wird nun ein Transmissionsfilter 162 angefer-  
tigt, dessen Verlauf des Transmissionsvermögens über die

Fläche des Transmissionsfilters 162 derart ausgelegt ist, daß alle zu belichtenden Punkte auf der lichtempfindlichen Schicht 124 trotz der unterschiedlichen Strukturen auf dem Retikel 30 zumindest annähernd der gleichen Bestrahlung ausgesetzt sind.

Für den in der Figur 9 gezeigten einfachen Beispielfall ist der Verlauf des Transmissionsvermögens für ein solches Transmissionsfilter 162 oben in der Figur 10 gezeigt. Das höchste, vorzugsweise bei 100 Prozent liegenden Transmissionsvermögen weist das Transmissionsfilter 162 in Bereichen B11 und B23 auf, die den am wenigsten belichteten Bereichen A'11 und A'23 auf der lichtempfindlichen Schicht 124 entsprechen. Je mehr Lichtenergie auf einen Punkt auf der lichtempfindlichen Fläche 124 bei einer Belichtung ohne Transmissionsfilter 162 auftrifft, desto geringer ist das Transmissionsvermögen des entsprechenden Punktes auf dem Transmissionsfilter 162. Folglich ist das Transmissionsvermögen des Transmissionsfilters 162 in dem Bereich B12 höher und in den übrigen Bereichen B13, B21 und B22 am höchsten, da die entsprechenden Bereiche auf der lichtempfindlichen Schicht 124 der höchsten Lichtenergie ausgesetzt sind, weswegen dort die höchste Abschwächung erzielt werden muß.

Dieser Zusammenhang wird auch an dem Lichtfeld 165' deutlich, das durch das optische System 166 auf das Retikel 30 abgebildet wird. Während des Scan-Vorgangs wird das Transmissionsfilter 162 und das Retikel 30 in der mit



Pfeilen 119 bzw. 120 angedeuteten Richtung, jedoch mit um einen Faktor 4 verschiedenen Verfahrensgeschwindigkeiten, unter dem Lichtfeld 165 bzw. 165' vorbeigeführt. Bei der in der Figur 10 erkennbaren Stellung ist das Lichtfeld 5 165' auf dem Retikel 30 in der oberen Hälfte 168 durch das Transmissionsfeld 162 abgeschwächt, wodurch der darunterliegende Bereich A13 des Retikels 30 weniger intensivem Projektionslicht ausgesetzt wird. Entsprechend geringer ist die pro Flächeneinheit auftretende Lichtenergie 10 auf den zu belichtenden Punkten in dem Bereich A'13 auf der lichtempfindlichen Schicht 124. Die Abschwächung durch das Transmissionsfilter 162 ist dabei gerade so gewählt, daß die pro Flächeneinheit auftreffende Lichtenergie auf der lichtempfindlichen Schicht 124 den niedrigsten Wert erreicht, der ohne Transmissionsfilter 162 auf 15 der lichtempfindlichen Schicht 124 gemessen werden kann. Aufgrund der synchronen Steuerung der drei Vorrichtungseinrichtungen 118, 128 und 164 und der Anordnung des Transmissionsfilters 162 in einer zur der Objektebene 116 konjugierten Feldebene ist sichergestellt, daß für jeden 20 Punkt auf dem Retikel 30 das darauf auftreffende Projektionslicht durch genau einen Punkt des Transmissionsfilters 162 gezielt abgeschwächt werden kann.

---

Zur Messung der pro Flächeneinheit auf zu belichtende 25 Punkte auftreffenden Lichtenergie kann z.B., wie dies vorstehend erläutert wurde, ein Photolack oder eine ähnlich lichtempfindliche Schicht 124 verwendet werden, die nach der Belichtung entwickelt und anschließend in an

sich bekannter Weise ausgewertet wird, um die auf jedem Punkt aufgetretene Lichtenergie zu ermitteln. Alternativ hierzu kann auch ein CCD-Sensor eingesetzt werden, der die auftreffende Lichtenergie punktweise und über die

5 Zeit hinweg aufsummiert.

---

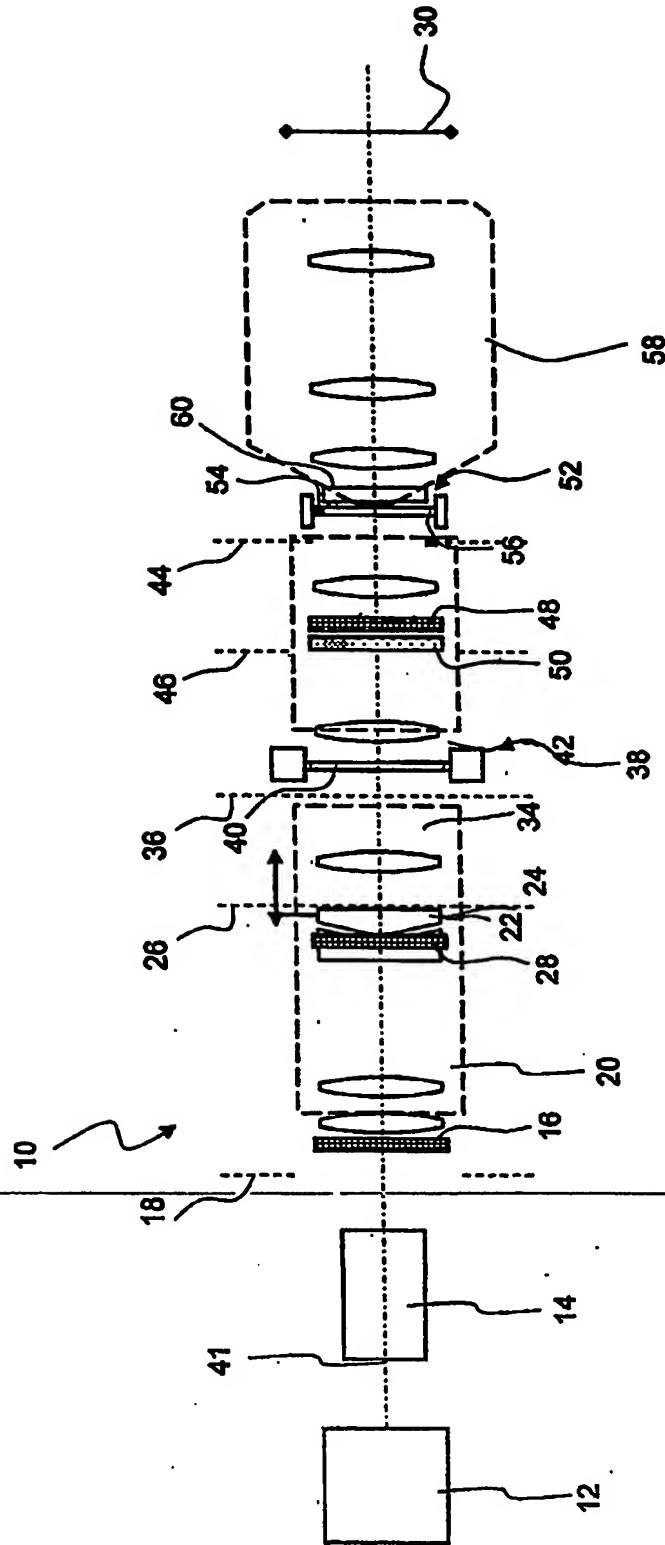


Fig. 1

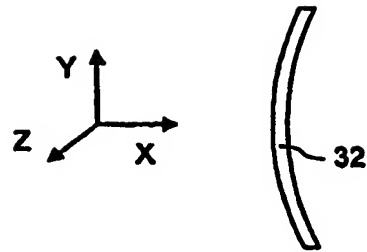


Fig. 2

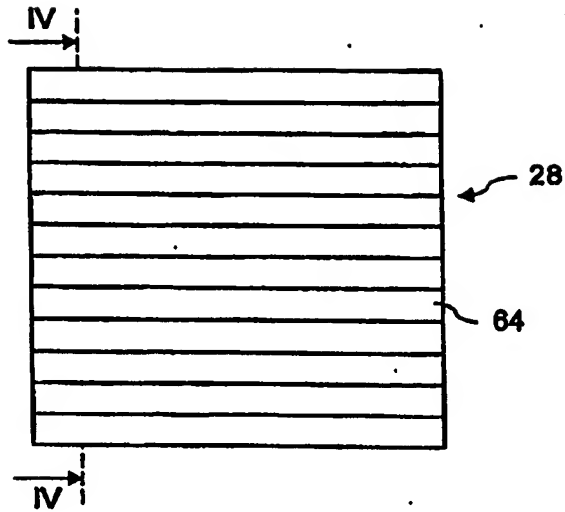


Fig. 3

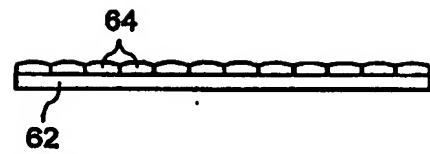


Fig. 4

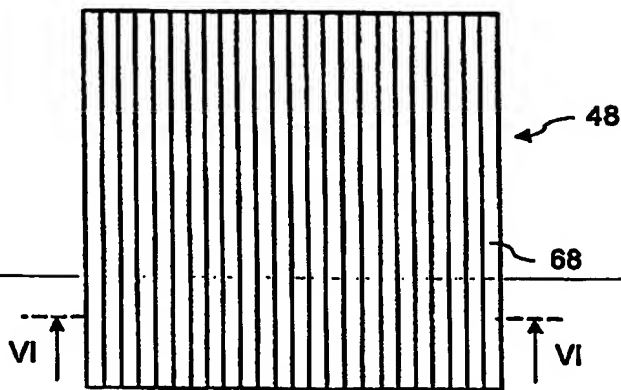


Fig. 5

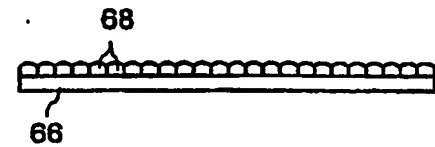


Fig. 6

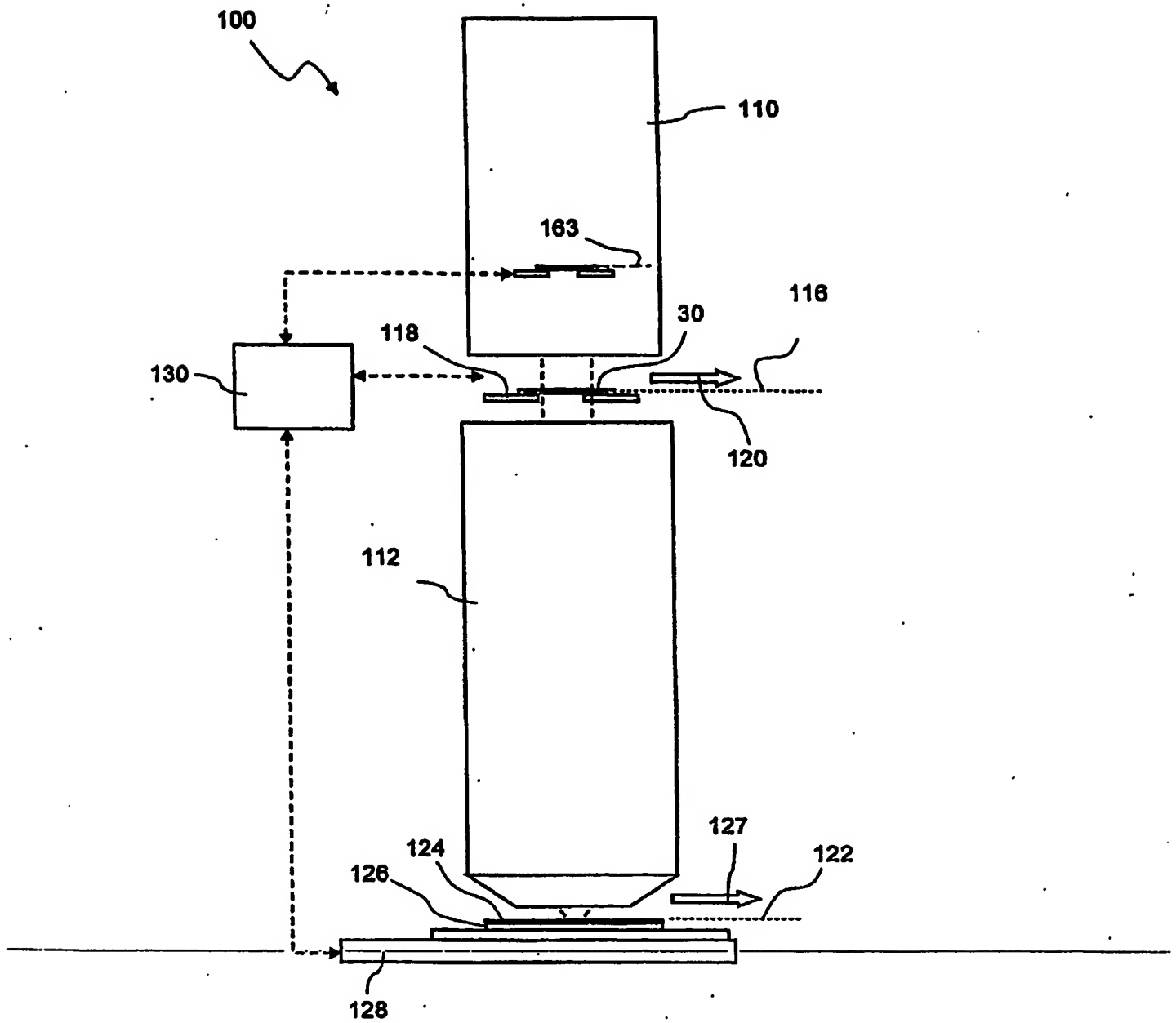


Fig. 7

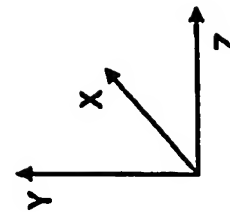


Fig. 8

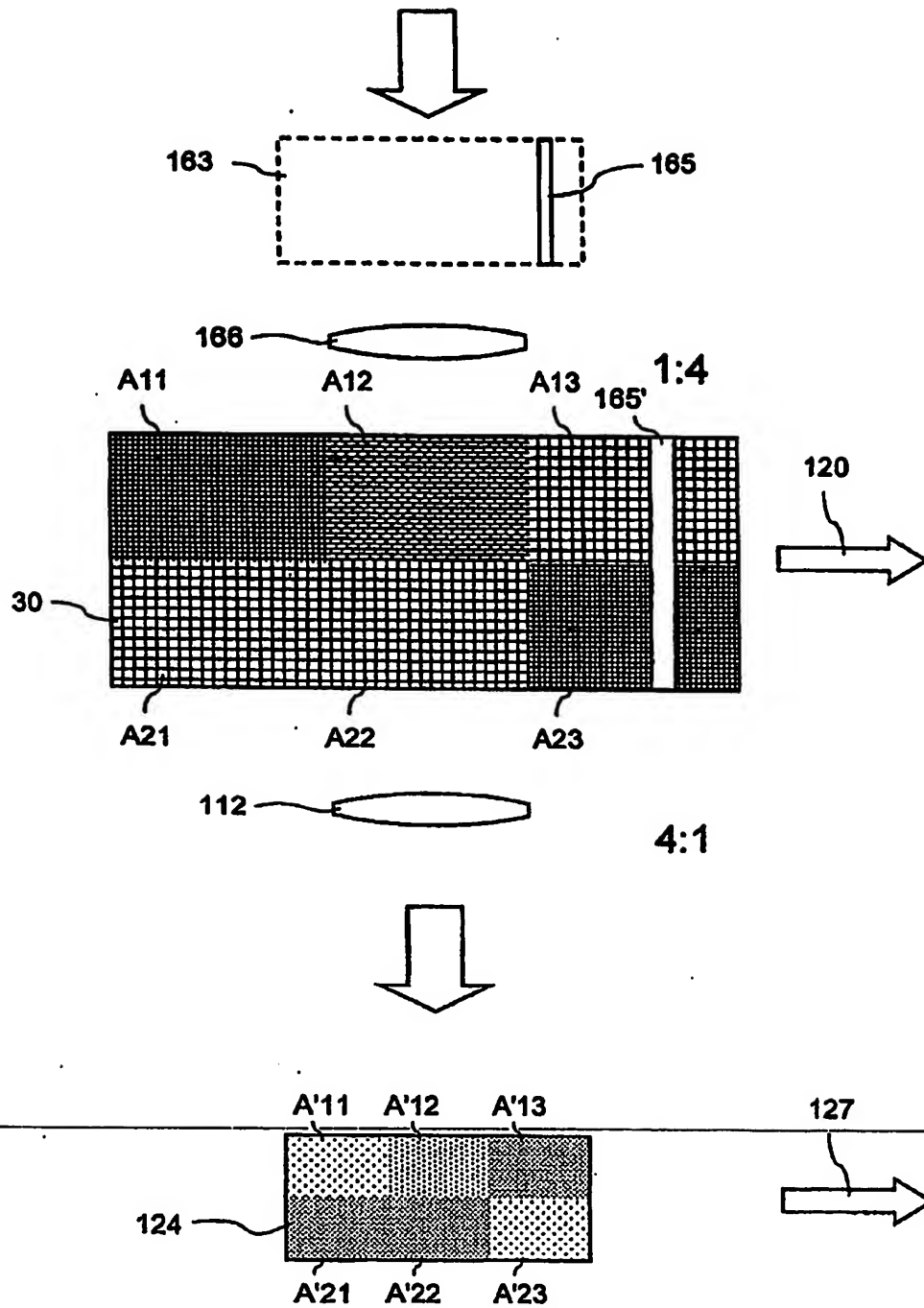


Fig. 9

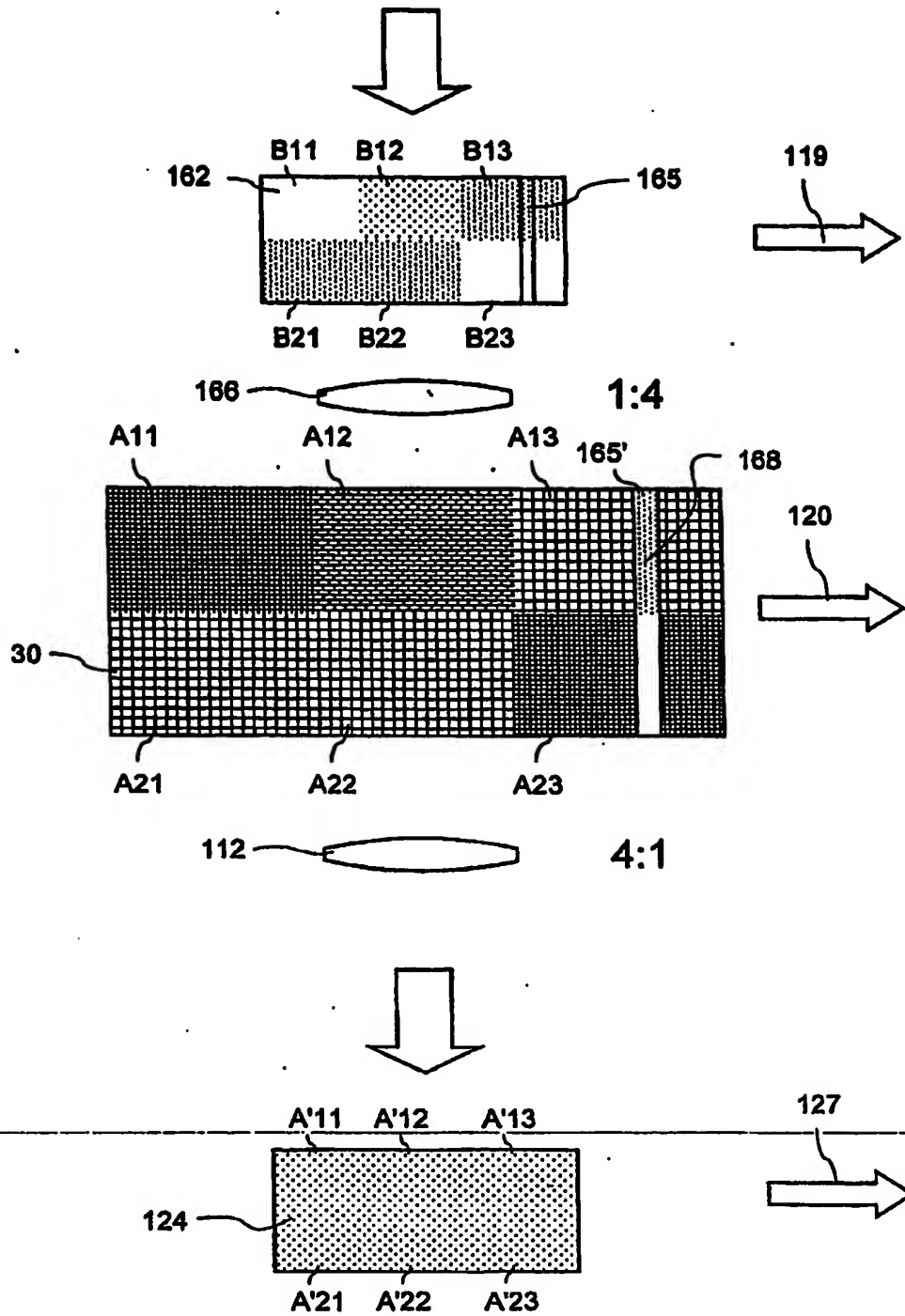


Fig. 10



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**